

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : 2 761 839

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : 98 03731

⑤1 Int Cl⁶ : H 04 B 10/12, H 04 J 14/02

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 26.03.98.

③0 Priorité : 28.03.97 JP 07799897.

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 09.10.98 Bulletin 98/41.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : KOKUSAI DENSHIN DENWA
KABUSHIKI KAISHA KABUSHIKI KAISHA — JP.

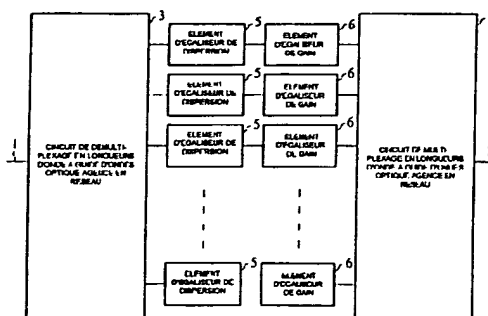
⑦2 Inventeur(s) : TAGA HIDENORI, IMAI KAORU,
SUZUKI MASATOSHI, YAMAMOTO SHU et AKIBA
SHIGEYUKI.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

⑤4 DISPOSITIF DE TRAITEMENT OPTIQUE A MULTIPLEXAGE PAR REPARTITION EN LONGUEURS D'ONDE ET VOIE DE TRANSMISSION DE COMMUNICATION OPTIQUE.

⑤7 L'invention concerne un dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde et une voie de transmission de communication optique qui permettent d'améliorer significativement la caractéristique de transmission de signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde. Ce dispositif est formé par un premier guide d'ondes optique agencé en réseau (3) permettant de démultiplexer des signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde entrés et d'émettre en sortie des signaux optiques démultiplexés, par une pluralité d'unités de correction (5, 6) permettant de corriger les signaux optiques respectifs démultiplexés par le premier guide d'ondes optique agencé en réseau et par un second guide d'ondes optique agencé en réseau (4) permettant de multiplexer les signaux optiques corrigés par l'unité de correction et d'émettre en sortie des signaux optiques multiplexés. Une voie de transmission de communication optique est formée par une voie de transmission optique (1) et par au moins un dispositif de ce type.



FR 2 761 839 - A1



ARRIÈRE-PLAN DE L'INVENTION

DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention concerne un dispositif de
5 traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs
d'onde ainsi qu'une voie de transmission de communication
optique permettant de transmettre des signaux optiques
multiplexés par répartition en longueurs d'onde tout en
compensant ou en réduisant au moins une caractéristique prise
10 parmi une pente de dispersion de voies de transmission à fibre
optique, une dépendance vis-à-vis de la longueur d'onde du gain
d'amplificateurs optiques et un bruit optique accumulé généré
par les amplificateurs optiques.

15 DESCRIPTION DE L'ART ANTÉRIEUR

Dans les récentes années, une grande attention a été
apportée à la communication optique qui utilise des signaux
optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde où des
signaux optiques de différentes longueurs d'onde sont
20 multiplexés. Pour une amplification optique des signaux optiques
multiplexés par répartition en longueurs d'onde, des fibres
optiques dopées à l'erbium formées en dopant de l'erbium dans
des fibres optiques sont utilisées par exemple. Un amplificateur
optique qui utilise une fibre optique dopée à l'erbium permet
25 d'amplifier les signaux optiques multiplexés par répartition en
longueurs d'onde collectivement de telle sorte qu'il convient bien
pour la communication optique à multiplexage par répartition en
longueurs d'onde et il existe un rapport concernant une

expérimentation de transmission longue distance qui a été mise en oeuvre sur une distance de 9000 km (voir H. Taga et suivants "110 Gbit/s (22x5 Gbit/s), 9500 km transmission experiment using 980 nm pump EDFA 1R repeater without forward error correction", Optical Amplifiers and Their Applications 1996, PDP5).

Lors d'une transmission à multiplexage par répartition en longueurs d'onde longue distance par l'intermédiaire de voies de transmission à fibre optique utilisant ces amplificateurs optiques, les facteurs connus qui dégradent la caractéristique de transmission incluent une dispersion de longueurs d'onde accumulée pour chaque longueur d'onde de signal générée par la pente de dispersion de longueurs d'onde des voies de transmission à fibre optique, une dépendance vis-à-vis de la longueur d'onde des gains des amplificateurs optiques et l'accumulation de bruit des amplificateurs optiques.

En ce qui concerne la dispersion de longueurs d'onde accumulée, la caractéristique de transmission peut être améliorée au moyen de l'égalisation réalisée en assurant la même valeur de dispersion de longueurs d'onde que la dispersion de longueurs d'onde accumulée mais selon un signe opposé au niveau d'une extrémité de réception. Cependant, lorsque le débit binaire est élevé ou lorsque la valeur absolue de la valeur accumulée est excessivement importante, il est difficile d'améliorer la caractéristique de transmission au moyen de l'égalisation au niveau d'une extrémité de réception. Il existe également un procédé qui peut être conçu aisément permettant de compenser la pente de dispersion elle-même en séparant chaque composante de longueur d'onde des signaux multiplexés par répartition en longueurs d'onde et en annulant la pente à la façon d'une égalisation en conférant une dispersion appropriée à chaque composante de longueur d'onde séparément mais on ne connaît pas de schéma qui permette de prendre en compte une dégradation possible de la transmission du fait des caractéristiques des éléments de séparation en longueurs d'onde.

En ce qui concerne la dépendance vis-à-vis de la longueur d'onde des gains des amplificateurs optiques, un gain d'amplificateur optique plat peut être réalisé sur une certaine plage de longueurs d'onde en insérant dans l'amplificateur
5 optique un élément d'égaliseur de gain qui présente une caractéristique inverse par rapport à la dépendance du gain vis-à-vis de la longueur d'onde (voir P.F. Wysocki et suivants, "Erbium-Doped Fiber Amplifier Flattened Beyond 40 nm Using Long-Period Grating", Optical Fiber Communication Conference
10 (OFC) 1997, PD2. Cependant, la réalisation pratique d'un tel élément d'égalisation de gain est associée à certaines difficultés techniques.

En ce qui concerne le bruit accumulé des amplificateurs optiques, c'est un phénomène physique qui est inévitable aussi
15 longtemps que des amplificateurs optiques seront utilisés de telle sorte que des amplificateurs optiques haute performance présentant un facteur de bruit faible doivent être utilisés afin de réduire le bruit accumulé d'autant que possible (voir H. Taga et suivants "110 Gbit/s (22x5 Gbit/s), 9500 km transmission
20 experiment using 980 nm pump EDFA 1R repeater without forward error correction", Optical Amplifiers and Their Applications 1996, PDP5). Cependant, les amplificateurs optiques de performance plus élevée sont plus coûteux et leur est associé l'inconvénient consistant en ce que la fiabilité des
25 sources de lumière pour le pompage optique est faible.

RÉSUMÉ DE L'INVENTION

Par conséquent, un objet de la présente invention consiste à proposer un dispositif de traitement à multiplexage par
30 répartition en longueurs d'onde ainsi qu'une voie de transmission de communication optique qui permettent d'améliorer significativement la caractéristique de transmission de signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde. Brielèvement, la présente invention atteint cet objet en réalisant
35 simultanément une compensation de pente de dispersion, une

compensation de la dépendance du gain vis-à-vis de la longueur d'onde et une réduction du bruit optique accumulé, lesquelles compensations ont été traitées séparément dans l'art antérieur, en relation avec une pente de dispersion des voies de transmission à fibre optique, avec une dépendance vis-à-vis de la longueur d'onde des gains des amplificateurs optiques et avec un bruit optique accumulé généré dans les amplificateurs optiques qui sont des facteurs qui génèrent une dégradation de la caractéristique de transmission des signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde dans l'art antérieur.

Selon un aspect de la présente invention, on propose un dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde comprenant : un premier guide d'ondes optique agencé en réseau pour démultiplexer des signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde entrés et pour émettre en sortie des signaux optiques démultiplexés ; une pluralité d'unités de correction pour corriger les signaux optiques respectifs démultiplexés par le premier guide d'ondes optique agencé en réseau ; et un second guide d'ondes optique agencé en réseau pour multiplexer les signaux optiques corrigés par l'unité de correction et pour émettre en sortie des signaux optiques multiplexés.

Selon un autre aspect de la présente invention, on propose une voie de transmission de communication optique permettant de transmettre des signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde, comprenant : une voie de transmission optique ; et au moins un dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde qui utilise un guide d'ondes optique agencé en réseau présentant une caractéristique de longueur d'onde de transmission munie d'une forme supérieure plane, qui est inséré dans la voie de transmission optique selon un intervalle prescrit.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront au vu de la description qui suit que l'on lira en conjonction avec les dessins annexés.

5 BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La figure 1 est un schéma fonctionnel d'un mode de réalisation d'un dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde selon la présente invention ;

la figure 2 est un schéma de caractéristique qui
10 représente une caractéristique de transmission présentée à titre d'exemple d'un guide d'ondes optique agencé en réseau utilisé dans le dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde de la figure 1 ;

la figure 3 est un schéma fonctionnel du premier mode de
15 réalisation d'une voie de transmission de communication optique selon la présente invention ;

la figure 4 est un schéma fonctionnel du second mode de réalisation d'une voie de transmission de communication optique selon la présente invention ;

20 la figure 5 est un graphique qui représente une dépendance vis-à-vis de la distance d'une dispersion de longueurs d'onde accumulée dans le cas de la non utilisation d'un dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde de la présente invention dans la voie de transmission de
25 communication optique de la figure 4 ;

la figure 6 est un graphique qui représente une dépendance vis-à-vis de la distance d'une dispersion de longueurs d'onde accumulée dans le cas de l'utilisation d'un dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs
30 d'onde de la présente invention dans la voie de transmission de communication optique de la figure 4 ;

la figure 7 est un graphique qui représente un résultat de mesure concernant une dépendance vis-à-vis de la distance d'un
35 taux d'erreurs binaires dans le cas de la non utilisation d'un dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition

en longueurs d'onde de la présente invention dans la voie de transmission de communication optique de la figure 4 ;

la figure 8 est un graphique qui représente un résultat de mesure concernant une dépendance vis-à-vis de la distance d'un
5 taux d'erreurs binaires dans le cas de l'utilisation d'un dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde de la présente invention dans la voie de transmission de communication optique de la figure 4 ;

la figure 9 est un graphique qui représente un spectre
10 optique après transmission dans le cas de la non utilisation d'un dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde de la présente invention dans la voie de transmission de communication optique de la figure 4 ;

la figure 10 est un graphique qui représente un spectre
15 optique après transmission dans le cas de l'utilisation d'un dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde de la présente invention dans la voie de transmission de communication optique de la figure 4 ;

la figure 11 est un schéma fonctionnel du troisième mode
20 de réalisation d'une voie de transmission de communication optique selon la présente invention ;

la figure 12 est un graphique qui représente la dépendance
vis-à-vis du nombre de jeux de la caractéristique de transmission d'un guide d'ondes optique agencé en réseau du type
25 partie supérieure plane ;

la figure 13 est un graphique qui représente la dépendance
vis-à-vis du nombre de jeux de la caractéristique de transmission d'un guide d'ondes optique agencé en réseau du type
partie supérieure non plane ; et

la figure 14 est un schéma fonctionnel d'un troisième
30 mode de réalisation d'une voie de transmission de communication optique selon la présente invention.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES MODES DE RÉALISATION PRÉFÉRÉS

Par report maintenant à la figure 1 et à la figure 2, un mode de réalisation d'un dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde selon la présente invention est décrit en détail.

- 5 Le dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde de ce mode de réalisation présente une configuration telle que représentée sur la figure 1, laquelle configuration comprend un circuit de démultiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 3, un
10 circuit de multiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 4 et plusieurs jeux dont chacun est constitué par un élément d'égaliseur de dispersion 5 et par un élément d'égaliseur de gain 6 et qui sont prévus entre le circuit de démultiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique
15 agencé en réseau 3 et le circuit de multiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 4.

- Le circuit de démultiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 3 fonctionne en tant que premier guide d'ondes optique agencé en réseau qui reçoit des
20 signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde transmis au travers d'une fibre optique 1 sur un côté d'entrée au niveau d'une borne d'entrée de lumière, qui démultiplexe ces signaux optiques entrés et qui émet en sortie des signaux démultiplexés à partir d'une pluralité de bornes de sortie de
25 lumière. Chaque jeu constitué par l'élément d'égaliseur de dispersion 5 et par l'élément d'égaliseur de gain 6 fonctionne en tant que moyen permettant de corriger un signal optique correspondant démultiplexé par le premier guide d'ondes optique agencé en réseau. Le circuit de multiplexage en longueurs d'onde
30 à guide d'ondes optique agencé en réseau 4 fonctionne en tant que second guide d'ondes optique agencé en réseau qui reçoit des signaux optiques émis en sortie depuis les éléments d'égaliseur de gain 6 au niveau d'une pluralité de bornes d'entrée de lumière, qui multiplexe ces signaux optiques entrés et qui émet en sortie

des signaux optiques multiplexés depuis une borne de sortie de lumière sur une fibre optique 1 sur un côté de sortie.

Chacun des premier et second guides d'ondes optiques agencés en réseau présente une caractéristique de longueur d'onde de transmission représentée par une forme d'onde
5 présentant une configuration supérieure plane (c'est-à-dire que sa partie supérieure est plane) dans laquelle une largeur de bande ou bande passante à 0,3 dB est supérieure ou égale à 1/3 fois la bande passante à 3 dB (voir figure 12 décrite ci-après).

10 Dans cette configuration, des signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde entrés sont démultiplexés longueur d'onde par longueur d'onde par le circuit de démultiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 3 et une compensation de dispersion pour
15 chaque longueur d'onde est mise en oeuvre sur chaque signal optique démultiplexé par chaque élément d'égaliseur de dispersion 5 prévu en correspondance avec chaque longueur d'onde. En outre, une compensation de gain pour chaque longueur d'onde est mise en oeuvre par chaque élément d'égaliseur de gain
20 6 connecté à chaque élément d'égaliseur de dispersion 5 et toutes les longueurs d'onde sont multiplexées à nouveau par le circuit de multiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 4.

Le guide d'ondes optique agencé en réseau utilisé pour le
25 circuit de démultiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 3 et pour le circuit de multiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 4 présente une réjection d'environ 2 dB au moins à l'extérieur de la bande passante de transmission comme représenté sur la figure
30 2 de telle sorte qu'un bruit optique à l'extérieur de la bande passante de transmission est atténué et que le bruit optique accumulé est réduit. La caractéristique de transmission des signaux optiques mutliplexés par répartition en longueurs d'onde peut être améliorée en insérant plusieurs circuits de ce type
35 dans une voie de transmission de communication optique

utilisant des amplificateurs optiques. Ici, le bruit optique est généré à l'instant de l'amplification des signaux optiques au niveau d'un amplificateur optique de telle sorte que le bruit optique est accumulé chaque fois que les signaux optiques traversent un amplificateur optique. Par ailleurs, le guide d'ondes optique agencé en réseau atténue les lumières de longueurs d'onde autres que les signaux optiques dont la transmission est autorisée de 30 dB ou plus de telle sorte que le bruit optique qui peut être superposé sur les signaux optiques par un amplificateur optique est également atténué de beaucoup et par conséquent, le bruit optique accumulé est réduit.

Il est à noter que le circuit de démultiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 3 et le circuit de multiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 4 peuvent être formés au moyen de guides d'ondes optiques agencés en réseau identiques. C'est-à-dire que le guide d'ondes optique agencé en réseau peut être utilisé pour le démultiplexage en longueurs d'onde lorsque des lumières sont passées depuis une borne d'entrée de lumière (un unique port) sur de nombreuses bornes de sortie de lumière (de multiples ports) ou pour le multiplexage en longueurs d'onde lorsque des lumières sont passées depuis de nombreuses bornes d'entrée de lumière (de multiples ports) sur une borne de sortie de lumière (un unique port). Par conséquent, en utilisant le guide d'ondes optique agencé en réseau avec une borne d'entrée de lumière munie de deux ports et une borne de sortie de lumière munie de deux ports, les communications bidirectionnelles peuvent être réalisées aisément.

Les éléments d'égaliseur de dispersion 5 sont des éléments permettant de mettre en oeuvre la compensation de pente de dispersion (égalisation), lesquels sont prévus en un nombre égal au nombre de signaux optiques démultiplexés au moyen du circuit de démultiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 3. Normalement, la pente de dispersion est une propriété consistant en ce que la dispersion

de longueurs d'onde d'une fibre optique présente une dépendance vis-à-vis de la longueur d'onde et dans le cas de la transmission de signaux multiplexés par répartition en longueurs d'onde, cette pente de dispersion donne naissance à un problème du fait qu'elle

5 modifie une valeur de dispersion générée pour chaque longueur d'onde (c'est-à-dire qu'elle génère des valeurs différentes de dispersion pour des longueurs d'onde différentes). Pour cette raison, les éléments d'égaliseur de dispersion 5 mettent en oeuvre la compensation de pente de dispersion en utilisant une

10 quelconque technique disponible de telle sorte que la pente de dispersion apparaisse comme valant zéro et que la valeur de dispersion devienne constante pour toutes les longueurs d'onde.

Les éléments d'égaliseur de gain 6 sont des éléments permettant de mettre en oeuvre la compensation de la

15 dépendance du gain vis-à-vis de la longueur d'onde qui sont connectés individuellement en série aux éléments d'égaliseur de dispersion respectifs 5 et qui sont prévus selon un nombre égal au nombre des éléments d'égaliseur de dispersion 5. Normalement, la caractéristique d'amplification (le gain) d'un

20 amplificateur optique présente une dépendance vis-à-vis de la longueur d'onde de telle sorte que lorsque les signaux multiplexés par répartition en longueurs d'onde sont amplifiés par un unique amplificateur optique, des longueurs d'onde avec un gain plus élevé et des longueurs d'onde avec un gain plus faible

25 sont produites. Afin d'empêcher cela, les éléments d'égaliseur de gain 6 mettent en oeuvre la compensation de la dépendance du gain vis-à-vis de la longueur d'onde en conférant des atténuations aux longueurs d'onde avec un gain plus élevé en utilisant des atténuateurs optiques munis de circuits de

30 commande de sortie automatique incorporés et/ou en conférant des gains autres aux longueurs d'onde avec un gain plus faible en utilisant des amplificateurs optiques munis de circuits de commande de sortie automatique incorporés de telle sorte que la déviation de gain entre les longueurs d'onde soit éliminée.

Par report maintenant à la figure 3, le premier mode de réalisation d'une voie de transmission de communication optique selon la présente invention est décrit en détail.

5 Selon ce premier mode de réalisation, la voie de transmission de communication optique présente une configuration telle que représentée sur la figure 3 dans laquelle un amplificateur optique 2 est prévu selon un intervalle plus court prescrit sur une fibre optique 1 pour transmettre des signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde
10 et un dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 de la présente invention est prévu selon un intervalle plus long prescrit sur la fibre optique 1. Ici, le dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 comprend le circuit de
15 démultiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 3, le circuit de multiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 4 et plusieurs jeux dont chacun est constitué par l'élément d'égaliseur de dispersion 5 et par l'élément d'égaliseur de gain 6, comme dans
20 la configuration de la figure 1 décrite ci-avant. Sur la figure 3, le suffixe lié aux index de référence 5 et 6 des éléments d'égaliseur de dispersion et des éléments d'égaliseur de gain indique un numéro de canal des signaux multiplexés par répartition en longueurs d'onde. Selon ce mode de réalisation,
25 des signaux selon n longueurs d'onde sont multiplexés dans une unique fibre optique et sont transmis au travers de la voie de transmission de communication optique.

Selon ce mode de réalisation, le dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12
30 doit être inséré de façon répétée selon un intervalle d'un nombre prescrit de répéteurs (lequel nombre est supposé valoir m). Les signaux multiplexés par répartition en n longueurs d'onde sont démultiplexés longueur d'onde par longueur d'onde par le circuit de démultiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique
35 agencé en réseau 3, sont égalisés du point de vue de la

dispersion et sont égalisés du point de vue du gain par l'élément d'égaliseur de dispersion 5 et par l'élément d'égaliseur de gain 6 puis sont multiplexés par répartition en n longueurs d'onde à nouveau par le circuit de multiplexage en longueurs d'onde à
5 guide d'ondes optique agencé en réseau 4.

En tant que dispositif d'égalisation de dispersion à utiliser pour l'élément d'égaliseur de dispersion 5, il est possible d'utiliser un dispositif tel qu'une fibre optique habituelle présentant la longueur d'onde de dispersion nulle à $1,3 \mu\text{m}$, une fibre optique spéciale (connue en tant que fibre de compensation de dispersion) présentant une dispersion normale
10 importante à $1,55 \mu\text{m}$ et un réseau de fibre optique permettant de générer un retard dépendant de la fréquence (longueur d'onde).

Ici, il est également possible d'utiliser des fibres
15 optiques présentant une longueur d'onde de dispersion nulle à $1,3 \mu\text{m}$ qui présentent des valeurs de dispersion supérieures à celles requises pour rendre égale à exactement zéro la dispersion de longueurs d'onde de signal respectives et une valeur appropriée de dispersion anormale pour stabiliser des impulsions optiques
20 du fait de l'effet soliton telle qu'inférieure à plusieurs centaines de ps/nm de manière à améliorer la caractéristique de transmission.

De façon similaire, il est également possible d'utiliser des fibres optiques de compensation de dispersion présentant
25 une dispersion normale importante à $1,55 \mu\text{m}$ qui présentent des valeurs de dispersion inférieures à celles requises pour rendre égale à exactement zéro la dispersion de longueurs d'onde de signal respectives et une valeur appropriée de dispersion anormale pour stabiliser des impulsions optiques du fait de
30 l'effet soliton telle qu'inférieure à plusieurs centaines de ps/nm de manière à améliorer la caractéristique de transmission.

De façon similaire, il est également possible d'utiliser des fibres optiques de compensation de dispersion présentant une longueur d'onde de dispersion nulle à $1,3 \mu\text{m}$ et des fibres
35 optiques de compensation de dispersion présentant une

dispersion normale importante à $1,55 \mu\text{m}$ qui présentent des valeurs de dispersion qui sont telles que la dispersion de longueurs d'onde de signal respectives ne peut pas être rendue égale à exactement zéro et que toutes les longueurs d'onde de signal sont contenues dans une région de dispersion anormale, de manière à améliorer la caractéristique de transmission.

En tant que dispositif d'égalisation de gain à utiliser pour l'élément d'égaliseur de gain 6, il est possible d'utiliser un dispositif tel qu'un atténuateur optique permettant de générer une perte et qu'un amplificateur optique permettant de produire un gain.

Il est à noter qu'il est possible d'utiliser à la fois l'élément d'égaliseur de dispersion 5 et l'élément d'égaliseur de gain 6 sous la forme d'une combinaison de n'importe lequel des dispositifs mentionnés ci-avant ou qu'il est possible d'utiliser seulement soit l'élément d'égaliseur de dispersion 5, soit l'élément d'égaliseur de gain 6 de manière à assurer la fonction de seulement un circuit d'égalisation de pente de dispersion ou d'un circuit d'égalisation de gain.

La figure 2 représente une caractéristique présentée à titre d'exemple dans le cas où le guide d'ondes optique agencé en réseau est utilisé en tant que circuit de multiplexage et de démultiplexage en longueurs d'onde optique. Dans cet exemple, seulement les signaux à une longueur d'onde de $1553,2 \text{ nm}$ sont transmis tandis que les lumières des autres longueurs d'onde sont bloquées selon un taux d'atténuation supérieur à 30 dB . Par conséquent, le bruit optique qui est présent à l'extérieur du voisinage de la longueur d'onde de signal est atténué de 30 dB de telle sorte que le bruit optique accumulé est réduit d'autant.

Par report maintenant aux figures 4 à 10, un second mode de réalisation d'une voie de transmission de communication optique selon la présente invention est décrit en détail.

Ce second mode de réalisation est orienté vers l'expérimentation de transmission de signal optique réellement mise en oeuvre pour 10 signaux optiques à 10 Gbits/s

multiplexés par répartition en longueurs d'onde en utilisant 10 jeux des émetteurs optiques 10 Gbits/s 7 selon une configuration représentée sur la figure 4. Dans cette configuration de la figure 4, un coupleur de fibre optique 8 multiplxe des signaux optiques provenant de 10 jeux des émetteurs optiques à 10 Gbits/s 7. Une fibre optique à décalage de dispersion 10 connectée à chaque amplificateur optique 9 présente une longueur de 40 km et une fibre optique 11 est une fibre optique habituelle présentant une longueur d'onde de dispersion nulle à 1,3 μm et une longueur de 49 km. Un circuit de traitement optique multiplexé par répartition en longueurs d'onde 12 de la présente invention met en oeuvre la compensation de pente de dispersion, la compensation de la dépendance du gain vis-à-vis de la longueur d'onde et la réduction du bruit optique accumulé comme décrit ci-avant. Un filtre optique 13 sépare les signaux optiques et un récepteur optique 14 est un récepteur optique à 10 Gbits/s.

La fibre optique de dispersion nulle à 1,3 μm 11 est insérée selon un intervalle correspondant à la longueur totale de huit des fibres optiques de décalage de dispersion 10 (320 km) et le dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 est inséré selon un intervalle correspondant à deux périodes (738 km) en termes d'une période (369 km) formée par les fibres optiques de décalage de dispersion 10 et par les fibres optiques de dispersion nulle à 1,3 μm 11. La longueur d'onde de dispersion nulle de la voie de transmission à fibre optique formée par les fibres optiques de décalage de dispersion 10 et par les fibres optiques de dispersion nulle à 1,3 μm 11 est établie à approximativement le centre de la bande passante de signaux optiques à 10 longueurs d'onde.

La figure 5 représente une dépendance vis-à-vis de la distance de la dispersion de longueurs d'onde accumulée pour diverses longueurs d'onde dans le cas de la non insertion du dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition

en longueurs d'onde 12. Comme on peut le voir sur la figure 5, la dispersion de longueurs d'onde accumulée est faible pour des longueurs d'onde proches de la dispersion nulle mais elle devient importante en direction des deux extrémités de la bande passante de signal.

La figure 6 représente une dépendance vis-à-vis de la distance de la dispersion de longueurs d'onde accumulée pour diverses longueurs d'onde dans le cas de l'insertion du dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12. Comme on peut le voir sur la figure 6, toutes les longueurs d'onde de signal présentent une dispersion pratiquement à zéro à la différence du cas représenté sur la figure 5.

La figure 7 représente un résultat de mesure concernant la dépendance vis-à-vis de la distance d'un taux d'erreurs binaires pour diverses longueurs d'onde de signal dans le cas de la non insertion du dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 tandis que la figure 8 représente un résultat de mesure concernant la dépendance vis-à-vis de la distance d'un taux d'erreurs binaires pour diverses longueurs d'onde de signal dans le cas de l'insertion du dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12. On peut voir que, sur la figure 8, le taux d'erreurs binaires de 10^{-9} ou moins est réalisé pour des distances de 6000 km ou plus pour l'ensemble des dix longueurs d'onde tandis que sur la figure 7, le taux d'erreurs binaires de 10^{-9} ou moins est réalisé pour des distances de 6000 km ou plus de façon similaire au cas de la figure 8 pour des signaux proches de la dispersion nulle pour lesquels la dispersion accumulée devient pratiquement égale à zéro mais la distance pour laquelle le taux d'erreurs binaires de 10^{-9} ou moins peut être réalisé devient plus courte lorsque la longueur d'onde s'approche des deux extrémités de la bande passante de signal où la dispersion accumulée devient importante du fait de l'influence de la pente de dispersion.

La figure 9 représente un spectre optique après transmission sur 6642 km dans le cas de la non insertion du dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 tandis que la figure 10 représente un spectre optique après transmission sur 6642 km dans le cas de l'insertion du dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12. On peut voir au vu de la comparaison de la figure 9 et de la figure 10 que le bruit optique accumulé à l'extérieur de la bande passante de signal optique est efficacement atténué en insérant le dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12.

Au vu de ces observations, il est vérifié que le dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 présente les effets considérables de la compensation de pente de dispersion, de la compensation de la dépendance du gain vis-à-vis de la longueur d'onde et de la réduction du bruit optique accumulé pour la transmission de signal à multiplexage par répartition en longueurs d'onde.

Lors de la transmission de communication optique de ce mode de réalisation, la forme d'onde à retour à zéro et la région de dispersion anormale sont utilisées afin de réduire la distorsion de forme d'onde en obtenant certains effets soliton optiques. A la différence de la forme d'onde à non retour à zéro, le soliton optique présente une tolérance vis-à-vis de la valeur de dispersion du fait que la forme d'onde varie en fonction de la valeur de dispersion tandis que la forme d'onde à non retour à zéro présente une limite supérieure pour la valeur de dispersion du fait que la forme d'onde devient étalée en largeur, lorsque la valeur de dispersion est excessivement importante. Pour cette raison, ce mode de réalisation adopte les conditions qui suivent pour la compensation de pente de dispersion au moyen des éléments d'égaliseur de dispersion 5 qui fonctionnent en tant que circuits de compensation de pente de dispersion : c'est-à-dire que la valeur de dispersion anormale accumulée pour chaque longueur d'onde de signal satisfait l'équation qui suit (1) pour

chaque intervalle sur lequel la compensation de pente de dispersion est mise en oeuvre et l'équation qui suit (2) après la transmission sur la totalité de la voie de transmission de communication optique :

5

$$0 < d < 0,1 \times \ell \quad (\text{ps/nm}) \quad (1)$$

$$0 < D < 0,1 \times L \quad (\text{ps/nm}) \quad (2)$$

10 où d est une valeur de dispersion pour un intervalle d'insertion des éléments d'égaliseur de dispersion 5, ℓ est l'intervalle d'insertion des éléments d'égaliseur de dispersion 5 en km, D est une valeur de dispersion sur la totalité de la voie de transmission de communication optique et L est une longueur totale de la voie de transmission de communication optique en
15 km.

Par ailleurs, lors de l'expérimentation de transmission de communication optique décrite selon ce mode de réalisation, il a été trouvé en modifiant expérimentalement la forme d'onde que la caractéristique de transmission n'est pas dégradée de façon
20 très importante pour autant que les critères qui suivent sont satisfaits.

(1) La forme d'onde de signaux optiques incidents est la forme d'onde à retour à zéro.

25 (2) La forme d'onde à retour à zéro présente un rapport cyclique dans une plage de 10 à 80 % ou de façon davantage préférable, dans une plage de 40 à 70 %.

(3) La forme d'onde à retour à zéro présente un rapport d'intensité de 1,5 ou plus ou de façon davantage préférable, dans une plage de 2 à 20, où le rapport d'intensité est un rapport de la
30 partie d'intensité de lumière maximum et de la partie d'intensité de lumière minimum entre les bits pour lesquels les signaux optiques sont dans des états activés.

(4) La forme d'onde à retour à zéro présente une position temporelle de l'intensité de lumière maximum qui n'est pas
35 limitée à une position temporelle correspondant à 50 % d'une

période temporelle d'un bit. Plus spécifiquement, la forme d'onde à retour à zéro habituelle présente la position d'intensité de lumière maximum limitée à une position correspondant à 50 % d'une période temporelle d'un bit mais la forme d'onde à retour à zéro utilisée selon ce mode de réalisation peut présenter la position d'intensité de lumière maximum en n'importe quelle position dans une période temporelle d'un bit.

En outre, il a été également trouvé qu'il suffit que cette forme d'onde à retour à zéro comporte au moins deux propriétés parmi les propriétés consistant en ce que le rapport cyclique est dans une plage de 10 à 80 %, en ce que le rapport d'intensité est de 1,5 ou plus et en ce que la position temporelle d'intensité de lumière maximum n'est pas limitée à une position temporelle correspondant à 50 % d'une période temporelle d'un bit.

Il est à noter que, selon la présente invention, les signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde entrés au niveau du premier guide d'ondes optique (le circuit de démultiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 3) peuvent présenter une forme d'onde de base identique pour toutes les longueurs d'onde de signal. C'est-à-dire qu'il a été classiquement nécessaire d'optimiser la forme d'onde pour chaque longueur d'onde de signal séparément (voir N.S. Bergano et suivants, "Long-Haul WDM Transmission Using Optimum Channel Modulation : A 160 Gb/s (32x5 Gb/s) 9300 km Demonstration", Optical Fiber Communication Conference (OFC) 1997, PD16). Ceci est dû au fait que la pente de dispersion n'a pas été compensée classiquement. A l'opposé, la voie de transmission de communication optique de la présente invention compense la pente de dispersion de telle sorte qu'il n'est plus nécessaire d'optimiser la forme d'onde pour chaque longueur d'onde de signal séparément, et il devient possible d'utiliser une forme d'onde de base identique pour toutes les longueurs d'onde de signal.

Par report maintenant aux figures 11 à 13, un troisième mode de réalisation d'une voie de transmission de

communication optique selon la présente invention est décrit en détail.

Selon ce troisième mode de réalisation, la voie de transmission de communication optique présente une configuration telle que représentée sur la figure 11 où un amplificateur optique 2 est prévu selon un intervalle plus court prescrit sur une fibre optique 1 pour transmettre des signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde et un dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 de la présente invention est prévu selon un intervalle plus long prescrit sur la fibre optique 1. Sur la figure 11, le suffixe lié à l'index de référence 12 des dispositifs de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde indique un ordre de chaque dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde pris parmi tous les dispositifs de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 comme compté depuis le côté d'entrée. Ici, une bande passante à 3 dB vaut 1,2 nm et une bande passante à 0,3 dB vaut 0,4 nm.

Par ailleurs, un guide d'ondes optique agencé en réseau du type partie supérieure plane est utilisé dans chaque dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12. Selon ce mode de réalisation, dix jeux des dispositifs de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 sont utilisés dans la voie de transmission de communication optique de telle sorte que les signaux optiques traversent les guides d'ondes optique agencés en réseau du type partie supérieure plane vingt fois. La figure 12 représente la dépendance en fonction du nombre de jeux de la caractéristique de transmission des guides d'ondes optiques agencés en réseau du type partie supérieure plane. On peut voir au vu de la figure 12 qu'une caractéristique suffisamment plane est maintenue même après passage au travers de vingt jeux. A l'opposé, la figure 13 représente la dépendance en fonction du nombre de jeux de la caractéristique de transmission dans le cas de

l'utilisation de guides d'ondes optiques agencés en réseau du type partie supérieure non plane. On peut voir au vu de la figure 13 que la caractéristique en vient à présenter un pic important après passage d'un nombre de jeux allant jusqu'à vingt. Une telle caractéristique de transmission en pic telle que représentée sur la figure 13 peut dégrader les signaux optiques tandis que la dégradation des signaux optiques peut être évitée lorsque la caractéristique plane telle que représentée sur la figure 12 est maintenue.

- 5 Par ailleurs, du fait que la caractéristique de réjection du guide d'ondes optique agencé en réseau n'est pas idéale, la diaphonie cohérente due aux autres canaux peut être générée mais il est connu qu'une pénalité peut être confinée dans la plage tolérable lorsque la diaphonie cohérente est rendue telle qu'elle est égale à 30 dB ou moins. Lorsque plusieurs jeux des guides d'ondes optiques agencés en réseau sont utilisés comme sur la figure 11, la valeur de diaphonie augmente de façon équivalente mais la diaphonie subie par la totalité de la voie de transmission de communication optique peut être limitée à 30 dB ou moins lorsque la réjection Rej satisfait la condition qui suit (3) de telle sorte que la dégradation de la caractéristique due à la diaphonie cohérente peut être empêchée et que, par conséquent, la caractéristique de transmission peut être améliorée. Il est à noter que la condition qui suit (3) est une expression pour la réjection Rej qui est un rapport de puissances de la longueur d'onde transmise et de la longueur d'onde soumise à réjection dans le circuit de démultiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 3 et dans le circuit de multiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 4 :

$$Rej \geq [30 + 10 \log_{10}(n-1) + 10 \log_{10} m]/2 \quad (\text{dB}) \quad (3)$$

où Rej est la réjection, n est un nombre de longueurs d'onde dans les signaux multiplexés par répartition en longueurs d'onde, et m

est un nombre de jeux des circuits de compensation de pente de dispersion utilisés dans la voie de transmission de communication optique.

Il est également connu que, dans le cas où un signal d'interférence selon la même longueur d'onde qu'une quelconque longueur d'onde de signal est superposé sur un signal dans cette longueur d'onde de signal, la dégradation due à la diaphonie est difficilement générée lorsque la puissance du signal d'interférence est inférieure à la puissance du signal de 30 dB ou plus. C'est-à-dire que dans le circuit de multiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 4 au niveau duquel les signaux démultiplexés en longueurs d'onde et traités doivent être multiplexés, les longueurs d'onde de signal qui sont passées par des routes différentes d'une route par laquelle la longueur d'onde de signal a passé en viennent à être superposées en tant que signaux d'interférence. Ces signaux d'interférence sont au nombre de [(nombre total de longueurs d'onde de signal) - 1], et la réjection va croissant d'autant (par l'intermédiaire d'un terme rapporté à n dans la condition mentionnée ci-avant (3)). Par ailleurs, lorsqu'il y a plusieurs jeux de dispositifs de traitement optique tels que les circuits de compensation de pente de dispersion dans la voie de transmission de communication optique, les signaux d'interférence en viennent à s'accumuler d'autant et la réjection en vient à être augmentée d'autant, de façon similaire (par l'intermédiaire d'un terme rapporté à m dans la condition mentionnée ci-avant (3)).

Par report maintenant à la figure 14, un quatrième mode de réalisation d'une voie de transmission de communication optique selon la présente invention est décrit en détail.

Selon ce quatrième mode de réalisation, la voie de transmission de communication optique présente une configuration telle que représentée sur la figure 14, configuration dans laquelle un amplificateur optique 2 est prévu selon un intervalle plus court prescrit sur une fibre optique 1

pour transmettre des signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde, et un dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 de la présente invention est prévu selon un intervalle plus long
5 prescrit sur la fibre optique 1.

Ici, les dispositifs de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 sont insérés selon un intervalle égal à un intervalle d'insertion des amplificateurs optiques 2 ou selon un multiple entier d'un intervalle d'insertion
10 des amplificateurs optiques 2. Lorsque cet entier vaut l'unité, on a le cas dans lequel l'amplificateur optique 2 et le dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 sont incorporés à l'intérieur de chaque répéteur. Dans le cas de la fourniture du nombre minimum des dispositifs de
15 traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12, il y a seulement un seul dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 prévu sur la totalité de la voie de transmission de communication optique.

20 Plus spécifiquement, dans le cas de la voie de transmission de communication optique d'environ 9000 km, le dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 peut être prévu tous les 1000 km par exemple et dans le cas de la voie de transmission de
25 communication optique d'environ 1000 km, le dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 peut être inséré au niveau de chaque répéteur ou simplement, un unique dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 peut être
30 prévu sur la totalité de la voie de transmission de communication optique.

Ce dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde 12 comprend le circuit de démultiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique
35 agencé en réseau 3 permettant de démultiplexer les signaux

5 multiplexés par répartition en longueurs d'onde, le circuit de multiplexage en longueurs d'onde à guide d'ondes optique agencé en réseau 4 permettant de multiplexer les signaux multiplexés par répartition en longueurs d'onde, les éléments d'égaliseur de dispersion 5 et des amplificateurs optiques 15 comportant des circuits de commande de sortie automatique incorporés. Sur la figure 14, le suffixe lié aux index de référence 5 et 15 des éléments d'égaliseur de dispersion et des amplificateurs optiques indique un numéro de canal des signaux multiplexés par répartition en longueurs d'onde.

10 La dépendance vis-à-vis de la longueur d'onde de la caractéristique d'amplification de la voie de transmission d'amplification optique formée par les fibres optiques 1 et par les amplificateurs optiques 2 varie en fonction des variations séculaire des fibres optiques 1 et des amplificateurs optiques 2 de telle sorte que la puissance de chaque signal optique multiplexé par répartition en longueurs d'onde en vient à varier en fonction du temps et dans le pire cas, il peut y avoir une longueur d'onde de signal pour laquelle une transmission 20 satisfaisante ne peut pas être réalisée. Cependant, selon ce mode de réalisation, les amplificateurs optiques 15 comportant un circuit de commande de sortie automatique incorporé sont utilisés en tant qu'éléments de compensation de la dépendance du gain vis-à-vis de la longueur d'onde de telle sorte que la 25 variation de puissance entre les longueurs d'onde de signal est maintenue constante au moyen des amplificateurs optiques 15 et par conséquent, il est possible d'éliminer une influence due à des variations séculaires et il devient possible de construire une voie de transmission de communication optique présentant une 30 endurance considérable.

En outre, en insérant les éléments d'égaliseur de dispersion 5 dans un étage situé à l'avant des amplificateurs optiques 15 comportant des circuits de commande de sortie automatique incorporés, il est également possible d'éliminer une

influence due à des variations séculaires des éléments d'égaliseur de dispersion 5.

Comme décrit, selon la présente invention, le dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde est formé par le premier guide d'ondes optique agencé en réseau permettant de démultiplexer des signaux optiques entrés depuis sa borne d'entrée de lumière et permettant de les émettre en sortie depuis ses plusieurs bornes de sortie de lumière, par une pluralité d'unités de correction permettant de corriger les signaux optiques respectifs démultiplexés par le premier guide d'ondes optique agencé en réseau, et par le second guide d'ondes optique agencé en réseau permettant de multiplexer les signaux optiques émis en sortie par les unités de correction et entrés depuis ses plusieurs bornes d'entrée de lumière et permettant de les émettre en sortie depuis sa borne de sortie de lumière. Dans cette configuration, la compensation de dispersion et la compensation de gain sont mises en oeuvre après que les signaux optiques sont démultiplexés longueur d'onde par longueur d'onde par le premier guide d'ondes optique agencé en réseau puis toutes les longueurs d'onde sont multiplexées à nouveau par le second guide d'ondes optique agencé en réseau. Ici, le guide d'ondes optique agencé en réseau présente une réjection d'au moins environ 20 dB à l'extérieur de la bande passante de transmission de telle sorte que le bruit optique à l'extérieur de la bande passante de transmission peut être atténué et par conséquent, le bruit optique accumulé peut être réduit.

Par ailleurs, selon la présente invention, la voie de transmission de communication optique est formée en insérant les dispositifs de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde en utilisant des guides d'ondes optique agencés en réseau munis de la caractéristique de longueur d'onde de transmission dont la forme présente une partie supérieure plane, selon un intervalle prescrit sur la voie de transmission de communication optique, et le guide d'ondes

- optique agencé en réseau présente une réjection d'au moins environ 20 dB à l'extérieur de la bande passante de transmission de telle sorte que le bruit optique à l'extérieur de la bande passante de transmission est atténué et que le bruit optique
- 5 accumulé est réduit. En outre, en insérant une pluralité de dispositifs de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde dans la voie de transmission de communication optique en utilisant des amplificateurs optiques, la caractéristique de transmission des signaux optiques
- 10 multiplexés par répartition en longueurs d'onde peut être améliorée considérablement.

- Il est à noter que, en plus de ce qui a déjà été mentionné ci-avant, de nombreuses modifications et variantes par rapport aux modes de réalisation présentés ci-avant peuvent être
- 15 réalisées sans que l'on s'écarte des nouvelles caractéristiques avantageuses de la présente invention. Par conséquent, toutes ces modifications et variantes sont destinées à être incluses dans le cadre des revendications annexées.

REVENDECATIONS

1. Dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde, caractérisé en ce qu'il comprend :

5 un premier guide d'ondes optique agencé en réseau (3) pour démultiplexer des signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde entrés et pour émettre en sortie des signaux optiques démultiplexés ;

10 une pluralité d'unités de correction (5, 6) pour corriger les signaux optiques respectifs démultiplexés par le premier guide d'ondes optique agencé en réseau ; et

un second guide d'ondes optique agencé en réseau (4) pour multiplexer les signaux optiques corrigés par l'unité de correction (5, 6) et pour émettre en sortie des signaux optiques multiplexés.

15 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que chacun des premier et second guides d'ondes optiques agencés en réseau (3, 4) présente une caractéristique de longueur d'onde de transmission présentant une forme supérieure plane.

20 3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la forme supérieure plane de la caractéristique de longueur d'onde de transmission présente une bande passante à 0,3 dB supérieure ou égale à 1/3 fois la bande passante à 3 dB.

25 4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que chacun des premier et second guides d'ondes optiques agencés en réseau (3, 4) présente une réjection définie en tant que rapport des puissances des longueurs d'onde transmises et des longueurs d'onde réjectées donné par :

30
$$Rej \geq [30 + 10 \log_{10}(n-1) + 10 \log_{10} m]/2 \quad (\text{dB})$$

où R_{ej} est la réjection, n est le nombre de longueurs d'onde dans les signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde, m est un nombre de jeux (5, 6) de circuits de compensation de pente de dispersion utilisés dans une voie de transmission de communication optique (1) sur laquelle le dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde est prévu.

5. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les unités de correction (5, 6) mettent en oeuvre au moins une opération prise parmi une compensation de pente de dispersion, une compensation de dépendance du gain vis-à-vis de la longueur d'onde et une réduction de bruit optique accumulé.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les unités de correction (5, 6) mettent en oeuvre la compensation de pente de dispersion en utilisant des réseaux de fibres optiques.

7. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les unités de correction (5, 6) mettent en oeuvre la compensation de pente de dispersion en utilisant des fibres optiques présentant une longueur d'onde de dispersion nulle à 1,3 μm .

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les fibres optiques présentant une longueur d'onde de dispersion nulle à 1,3 μm présentent des valeurs de dispersion supérieures à celles requises pour rendre exactement égale à 0 une dispersion de longueurs d'onde de signal respectives et une valeur appropriée de dispersion anormale pour stabiliser des impulsions optiques du fait d'un effet soliton.

9. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les unités de correction (5, 6) mettent en oeuvre la compensation de pente de dispersion en utilisant des fibres optiques de compensation de dispersion présentant une dispersion normale importante à 1,55 μm .

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les fibres optiques de compensation de dispersion

présentent des valeurs de dispersion inférieures à celles requises pour rendre exactement égale à 0 la dispersion de longueurs d'onde de signal respectives et une valeur appropriée de dispersion anormale pour stabiliser des impulsions optiques
5 du fait d'un effet soliton.

11. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les unités de correction (5, 6) mettent en oeuvre la compensation de pente de dispersion en utilisant des fibres optiques présentant une longueur d'onde de dispersion nulle à 1,3
10 μm et des fibres optiques de compensation de dispersion présentant une dispersion normale importante à 1,55 μm .

12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que les fibres optiques présentant une longueur d'onde de dispersion nulle à 1,3 μm et les fibres optiques de compensation
15 de dispersion présentent des valeurs de dispersion qui sont telles qu'une dispersion de longueurs d'onde de signal respectives ne peut pas être rendue exactement égale à 0 et que toutes les longueurs d'onde de signal sont contenues dans une région de dispersion anormale.

20 13. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde entrés au niveau du premier guide d'ondes optique agencé en réseau (3) présentent une forme d'onde autre qu'une forme d'onde à non retour à 0.

25 14. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que les signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde entrés au niveau du premier guide d'ondes optique agencé en réseau (3) présentent une forme d'onde à retour à 0.

30 15. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que la forme d'onde à retour à 0 présente un rapport cyclique dans une plage de 10 % à 80 %.

16. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que la forme d'onde à retour à 0 présente un rapport
35 d'intensité de 1,5 ou plus.

17. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que la forme d'onde à retour à 0 présente une position temporelle d'une intensité de lumière maximum non limitée à une position temporelle correspondant à 50 % d'une période temporelle d'un bit.

18. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que la forme d'onde à retour à 0 présente au moins deux des propriétés suivantes : (1) un rapport cyclique dans une plage de 10 % à 80 % ; (2) un rapport d'intensité de 1,5 ou plus ; et (3) une position temporelle d'une intensité de lumière maximum non limitée à une position temporelle correspondant à 50 % d'une période temporelle d'un bit.

19. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les unités de correction (5, 6) mettent en oeuvre la compensation de pente de dispersion satisfaisant les conditions qui sont telles qu'une valeur de dispersion anormale accumulée pour chaque longueur d'onde de signal satisfait l'équation qui suit (1) pour chaque intervalle pour lequel la compensation de pente de dispersion est mise en oeuvre, et l'équation qui suit (2) après transmission sur la totalité d'une voie de transmission de communication optique sur laquelle le dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition temporelle est prévu :

$$0 < d < 0,1 \times \ell \quad (\text{ps/nm}) \quad (1)$$

$$0 < D < 0,1 \times L \quad (\text{ps/nm}) \quad (2)$$

où d est une valeur de dispersion pour un intervalle d'insertion de circuits de compensation de pente de dispersion dans la voie de transmission de communication optique (1), ℓ est l'intervalle d'insertion des éléments de compensation de pente de dispersion exprimé en km, D est une valeur de dispersion sur la totalité de la voie de transmission de communication optique et L est une longueur totale de la voie de transmission de communication optique exprimée en km.

20. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les unités de correction (5, 6) mettent en oeuvre la compensation de la dépendance du gain vis-à-vis de la longueur d'onde en utilisant des amplificateurs optiques (15) munis de circuits de commande de sortie automatique incorporés et/ou des atténuateurs optiques (6) munis de circuits de commande de sortie automatique incorporés.

21. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les unités de correction (5, 6) mettent en oeuvre la compensation de pente de dispersion au niveau d'une étape qui se situe avant la compensation de la dépendance du gain vis-à-vis de la longueur d'onde.

22. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde entrés au niveau du premier guide d'ondes optique (3) présentent des formes d'onde de base identiques pour toutes les longueurs d'onde de signal.

23. Voie de transmission de communication optique pour transmettre des signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde, caractérisée en ce qu'elle comprend :

une voie de transmission optique (1) ; et

au moins un dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde (3, 4, 5, 6) qui utilise un guide d'ondes optique agencé en réseau présentant une caractéristique de longueur d'onde de transmission munie d'une forme supérieure plane, qui est inséré dans la voie de transmission optique selon un intervalle prescrit.

24. Voie de transmission de communication optique selon la revendication 23, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre des amplificateurs optiques (2 ; 9) prévus sur la voie de transmission optique selon un intervalle prédéterminé.

25. Voie de transmission de communication optique selon la revendication 24, caractérisée en ce que l'intervalle prescrit pour insérer le dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde est égal à l'intervalle

prédéterminé pour insérer les amplificateurs optiques ou à un multiple entier de ce même intervalle.

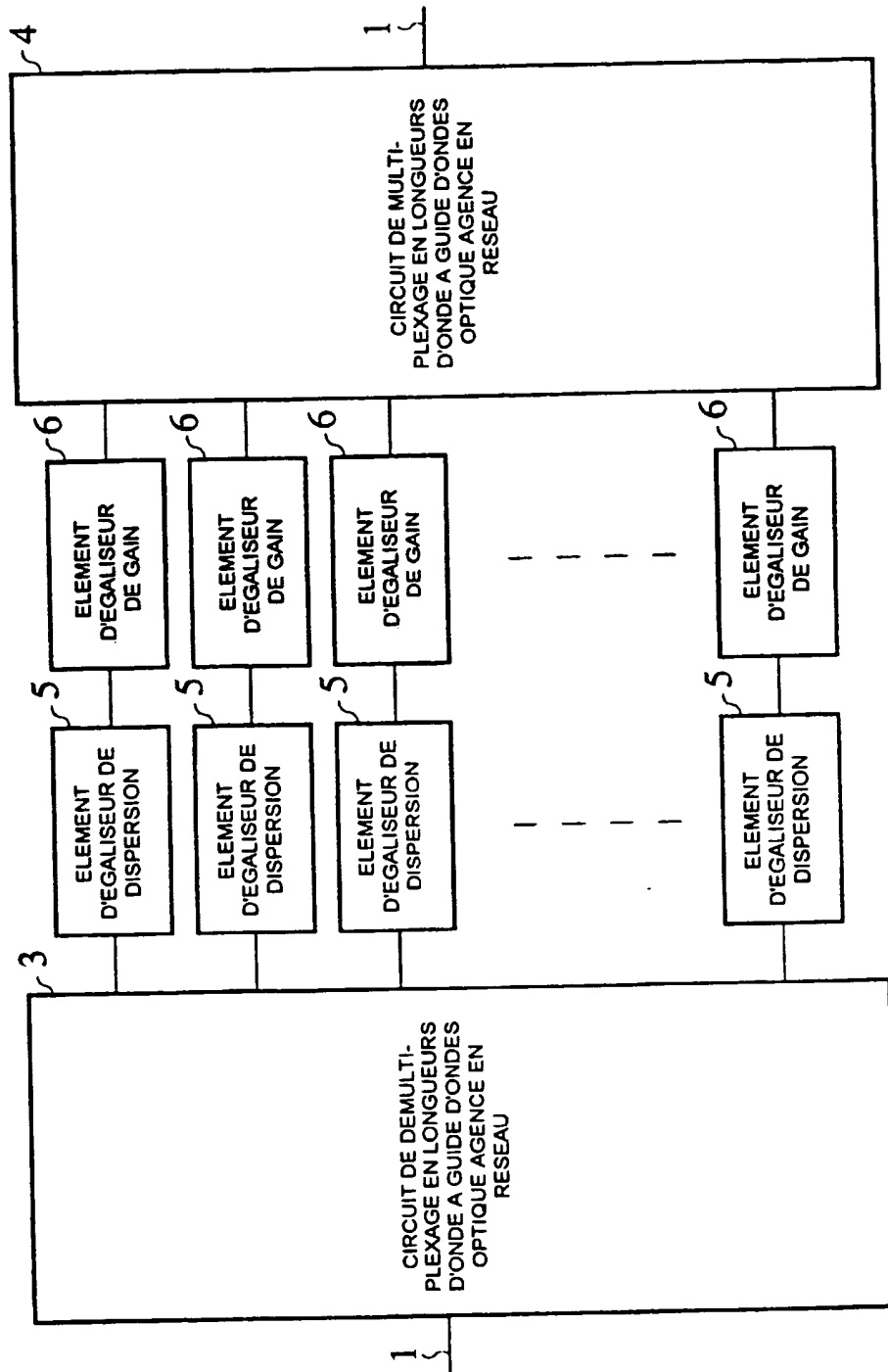
26. Voie de transmission de communication optique selon la revendication 23, caractérisée en ce que le dispositif de traitement optique à multiplexage par répartition en longueurs d'onde inclut :

- un premier guide d'ondes optique agencé en réseau (3) pour démultiplexer des signaux optiques multiplexés par répartition en longueurs d'onde entrés et pour émettre en sortie des signaux optiques démultiplexés ;
- une pluralité d'unités de correction (5, 6) pour corriger les signaux optiques respectifs démultiplexés par le premier guide d'ondes optique agencé en réseau (3) ; et
- un second guide d'ondes optique agencé en réseau (4) pour multiplexer les signaux optiques corrigés par l'unité de correction et pour émettre en sortie des signaux optiques multiplexés.

27. Voie de transmission de communication optique selon la revendication 26, caractérisée en ce que les unités de correction (5, 6) mettent en oeuvre au moins une opération prise parmi une compensation de pente de dispersion, une compensation de la dépendance du gain vis-à-vis de la longueur d'onde et une réduction de bruit optique accumulé.

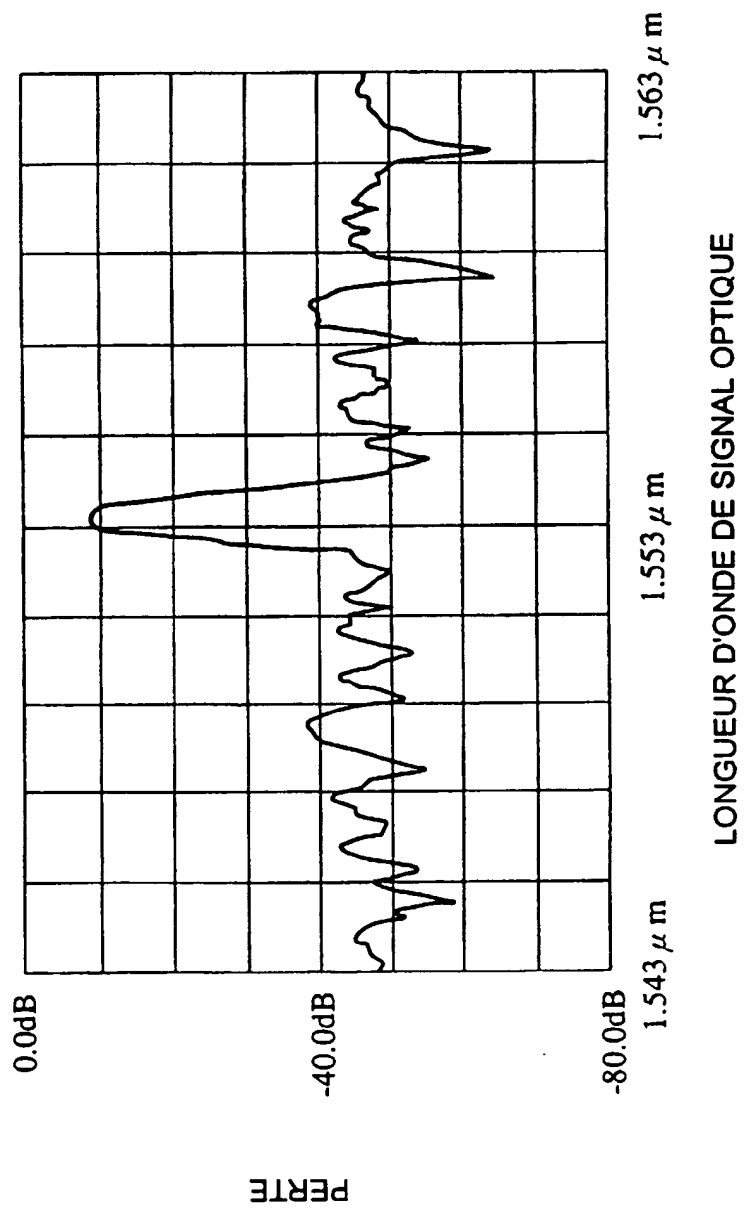
1/14

FIG.1



2/14

FIG.2



3/14

FIG.3

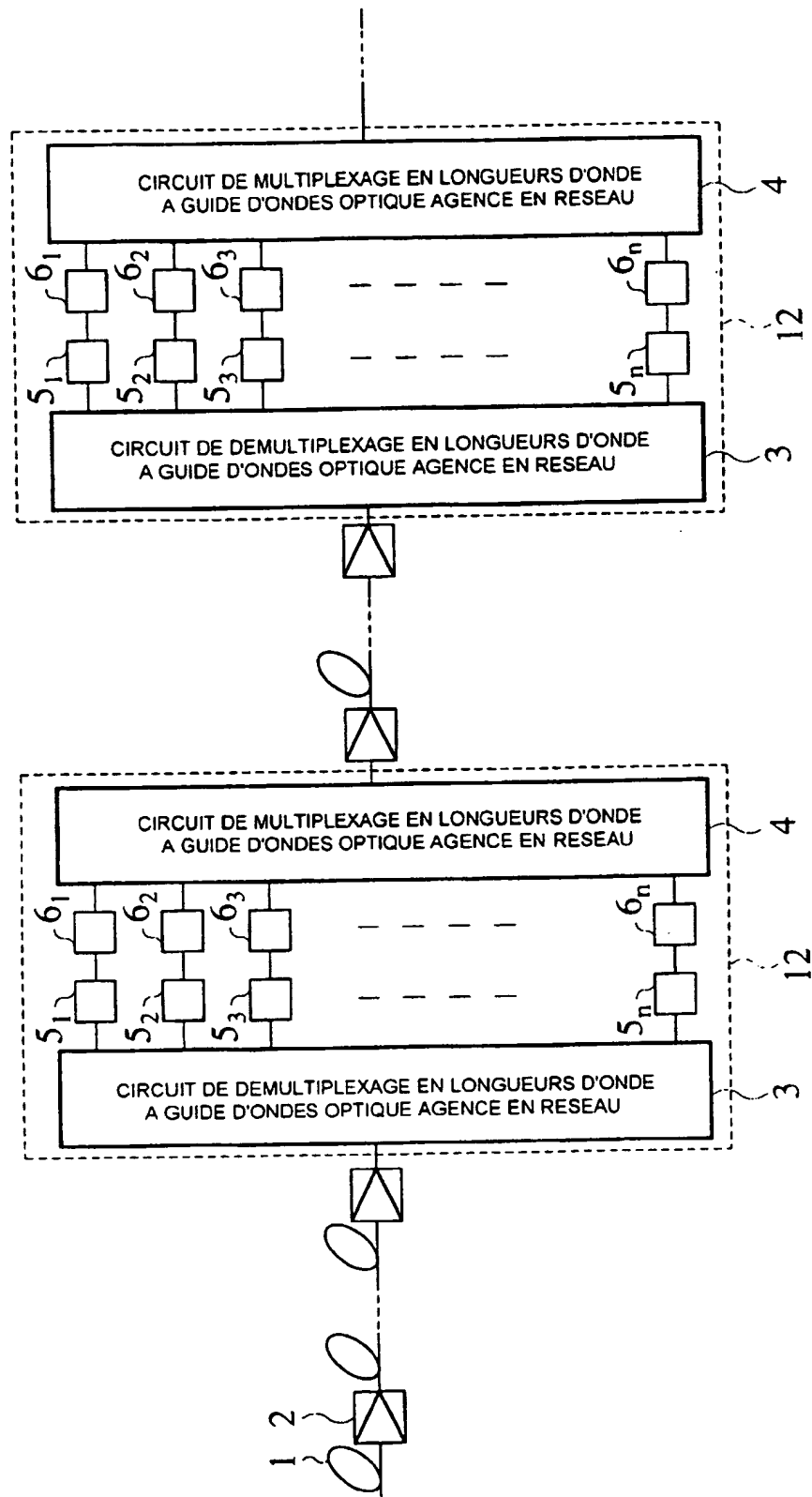
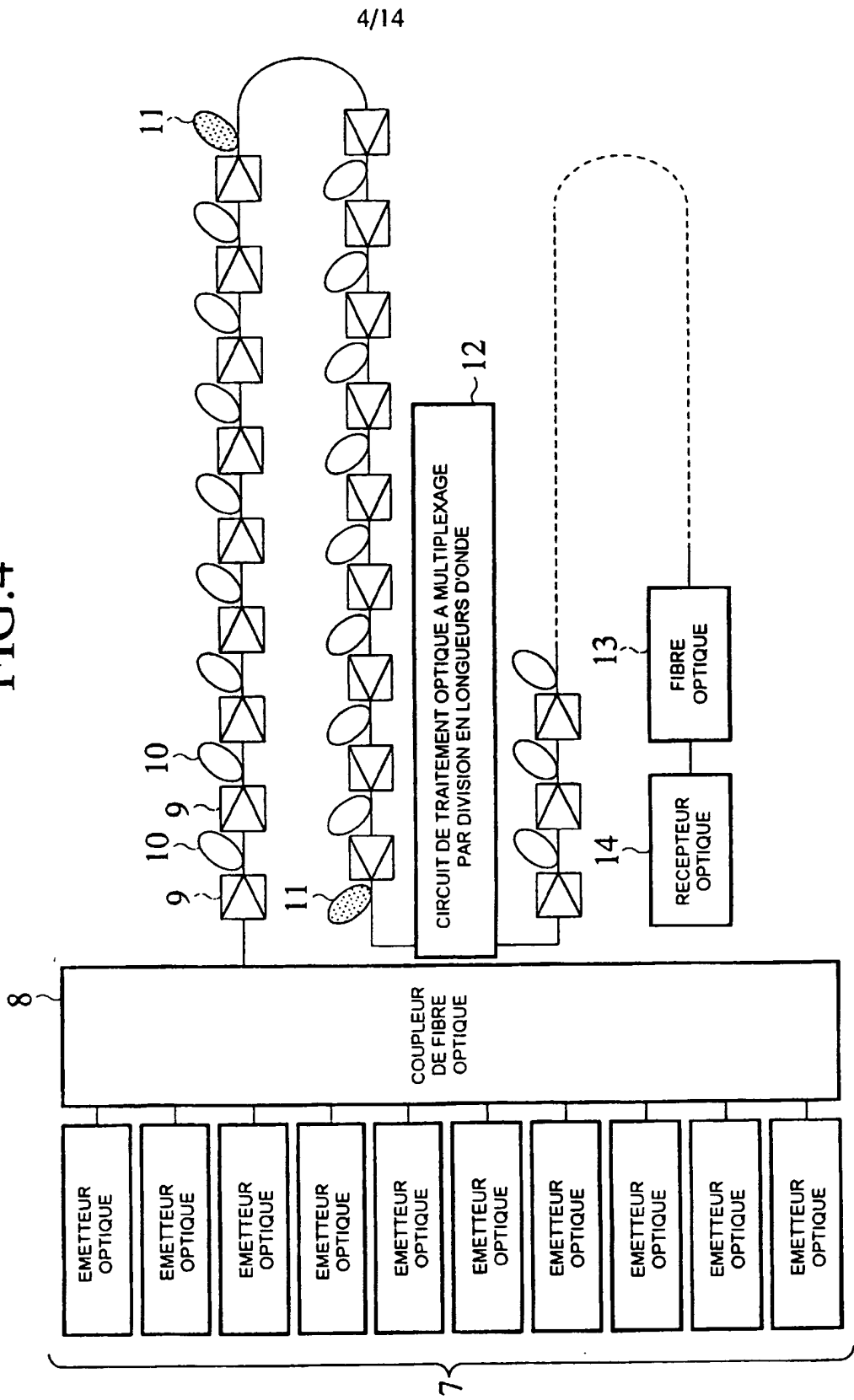
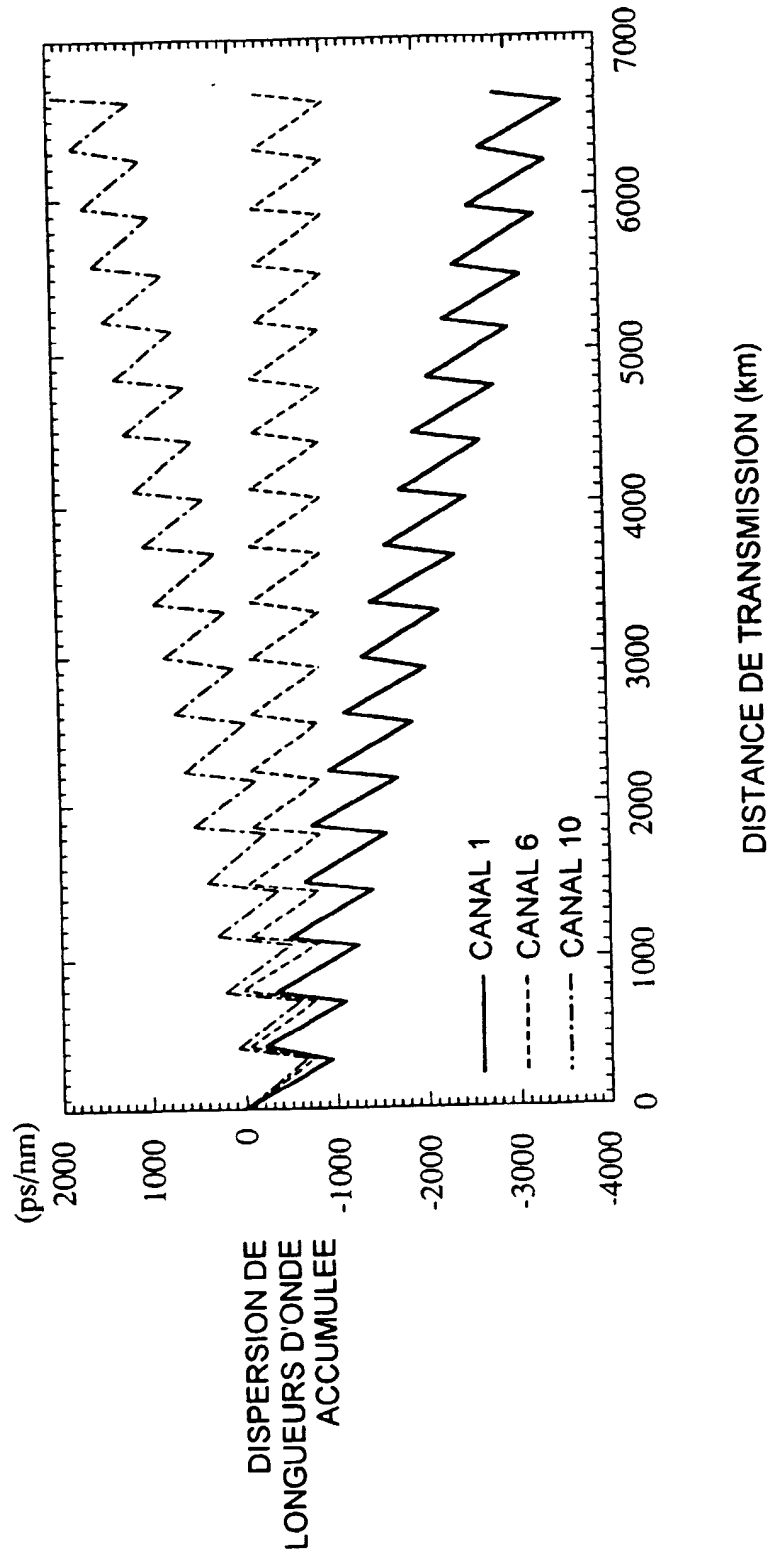


FIG.4



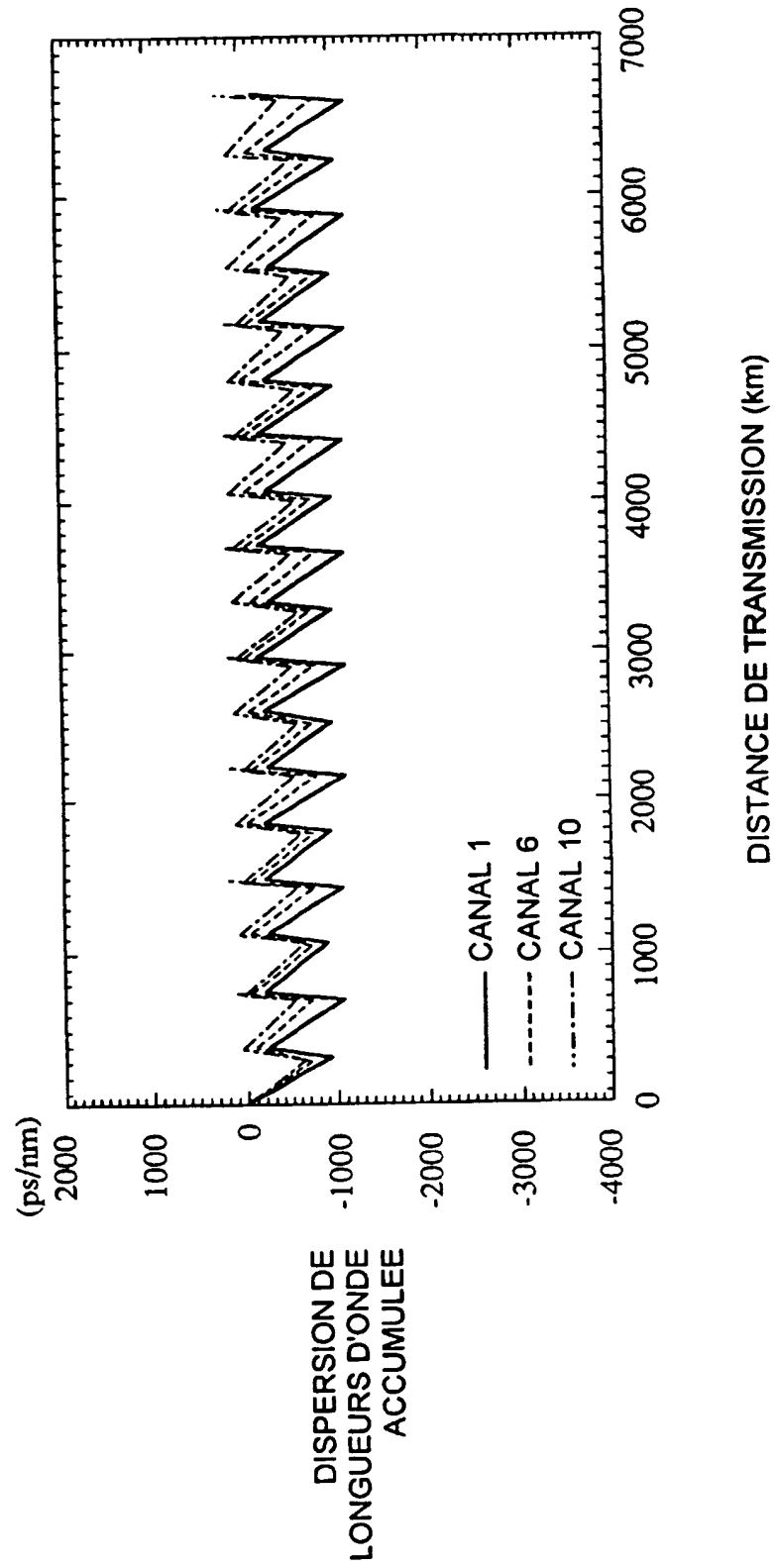
5/14

FIG.5



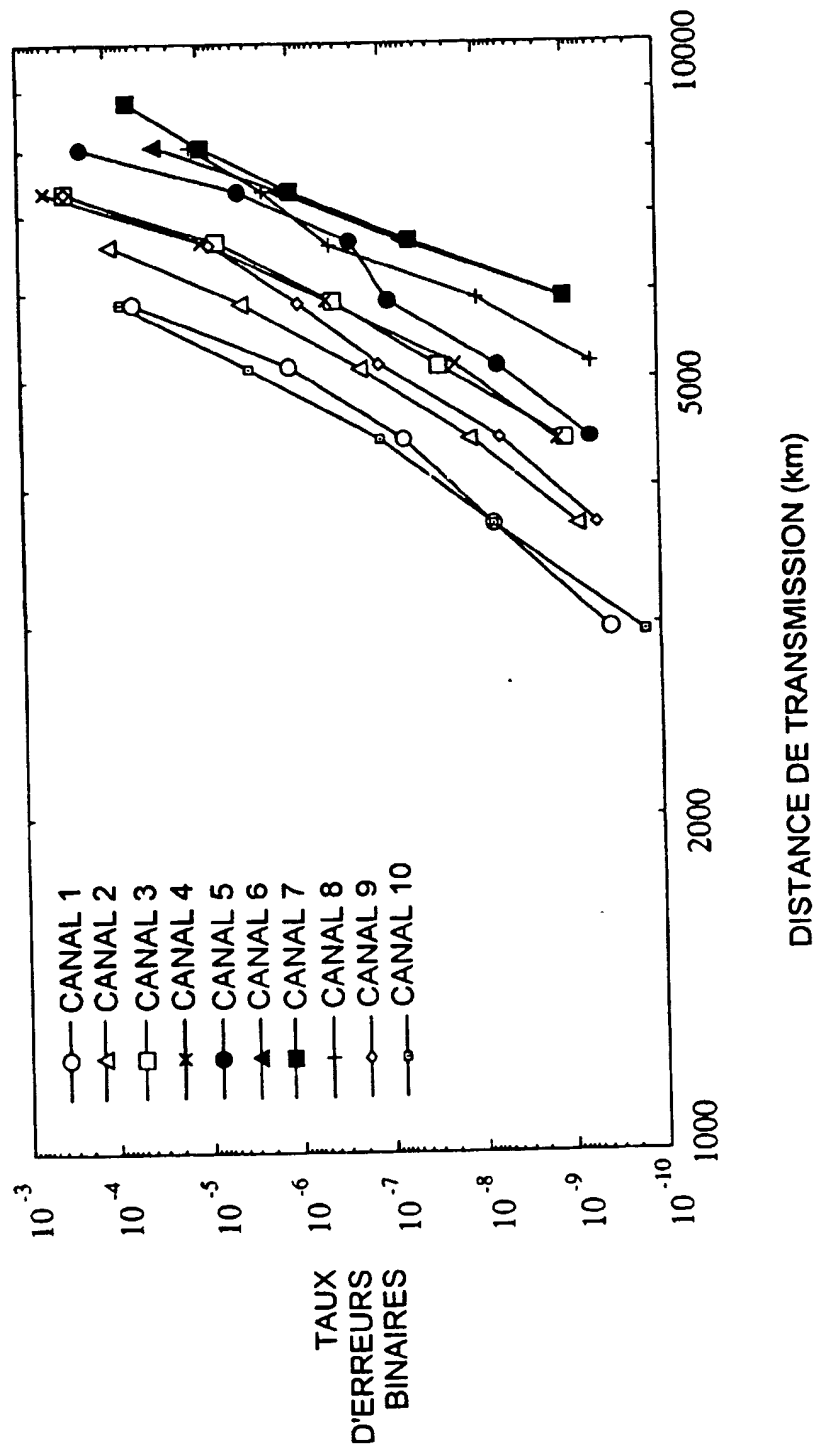
6/14

FIG.6



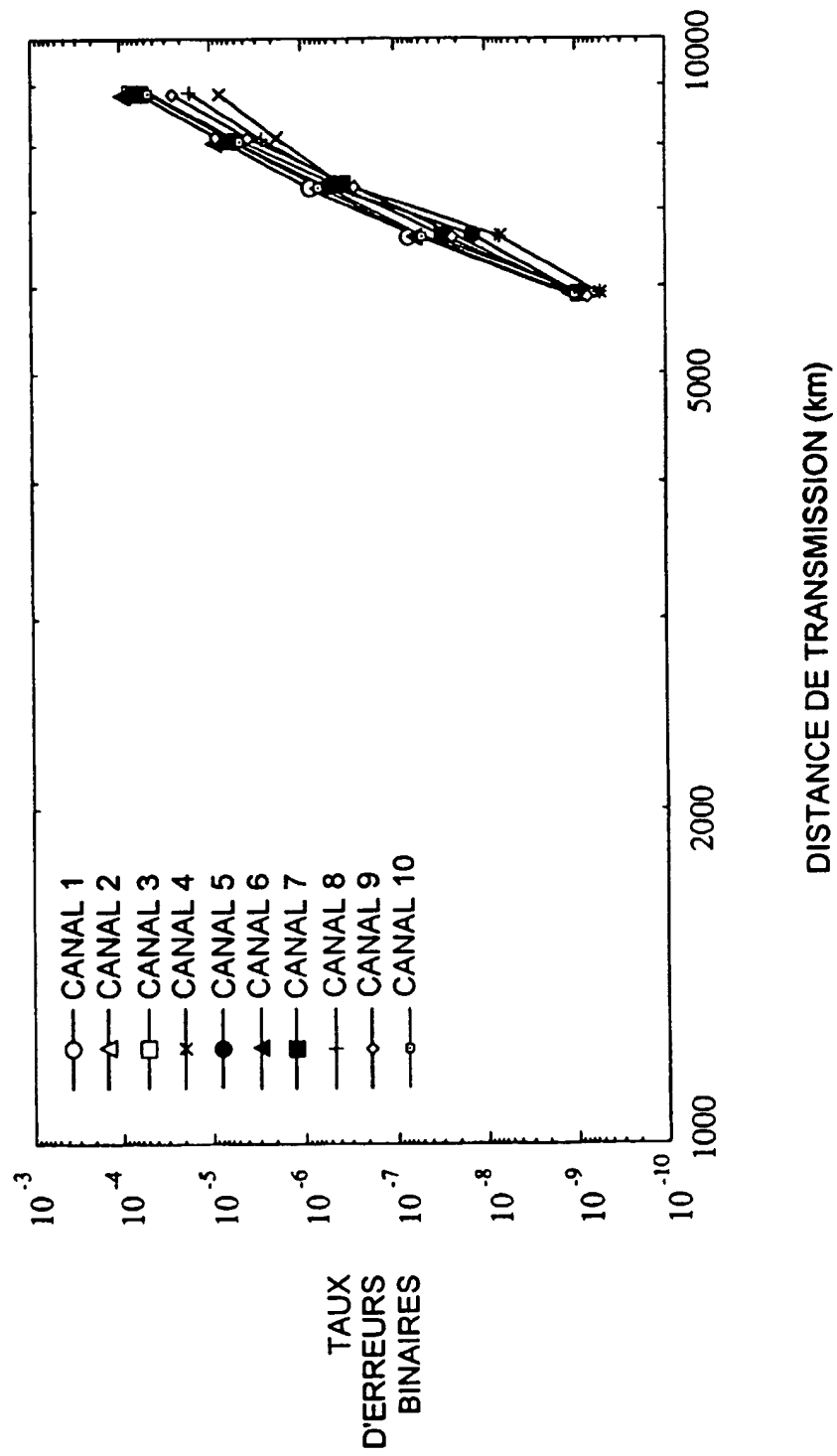
7/14

FIG.7



8/14

FIG.8



9/14

FIG.9

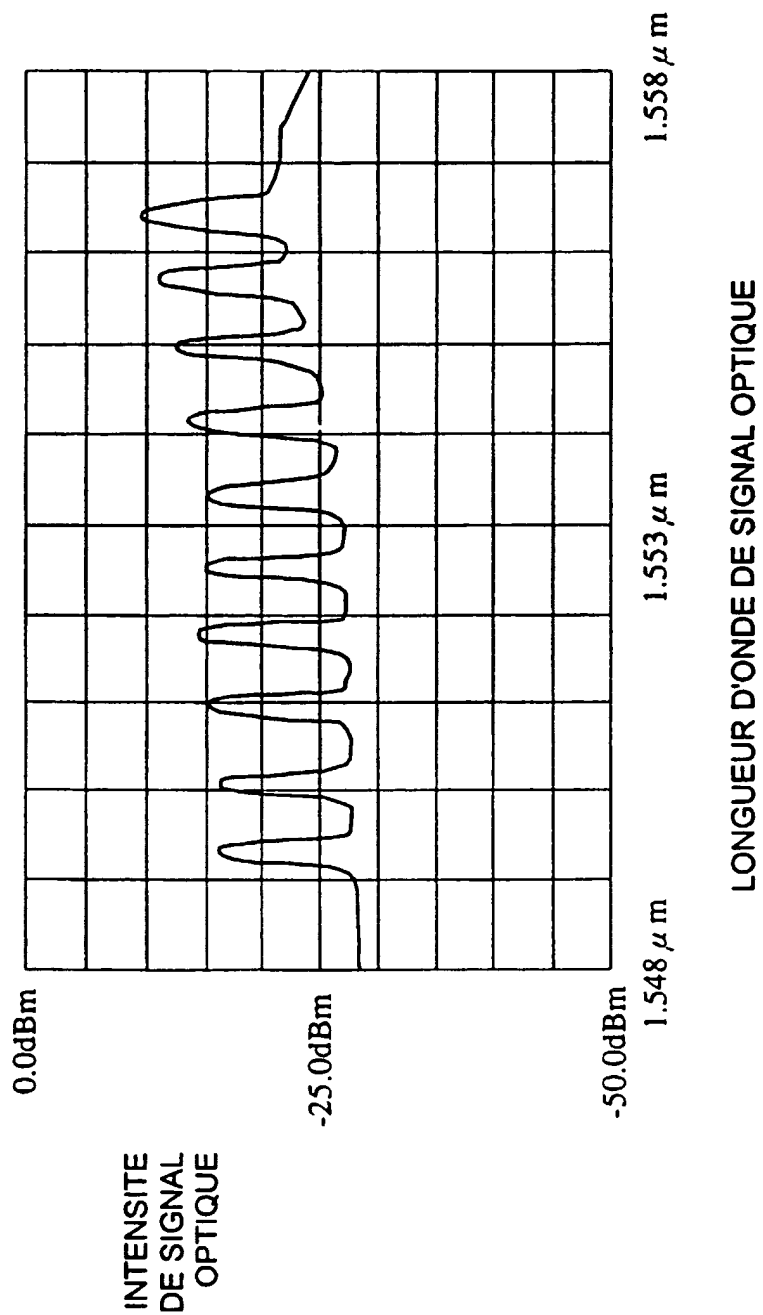
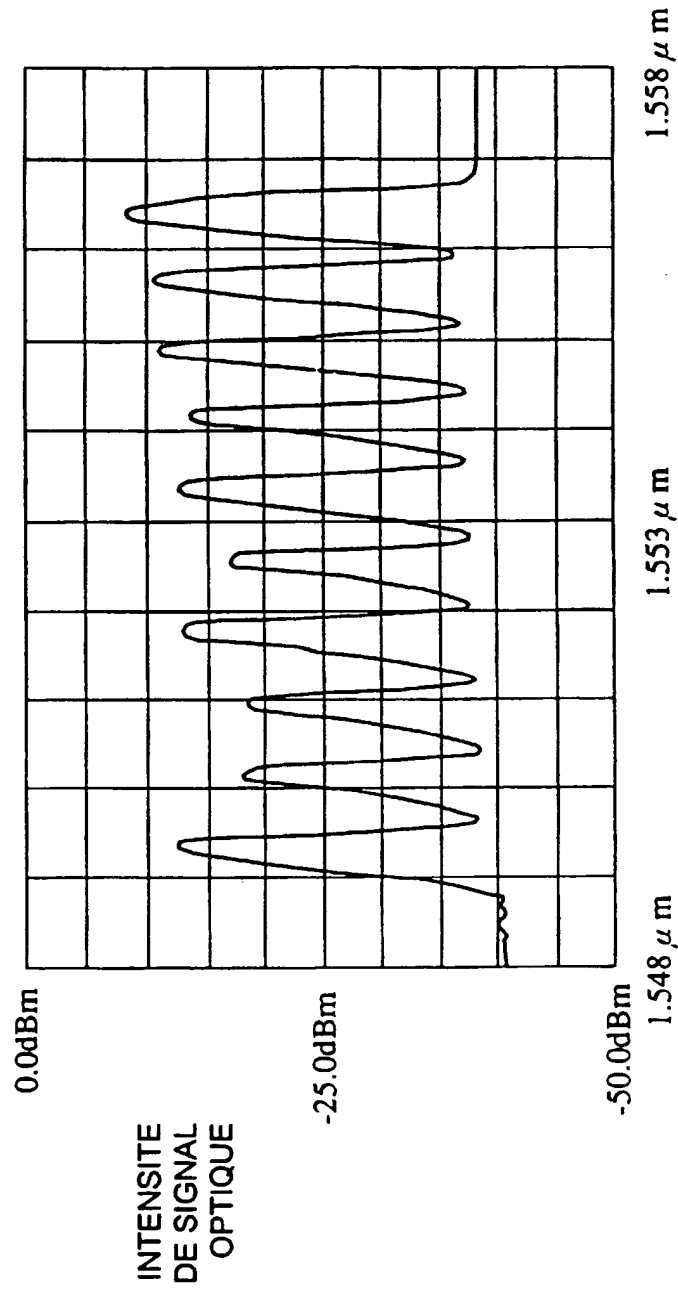
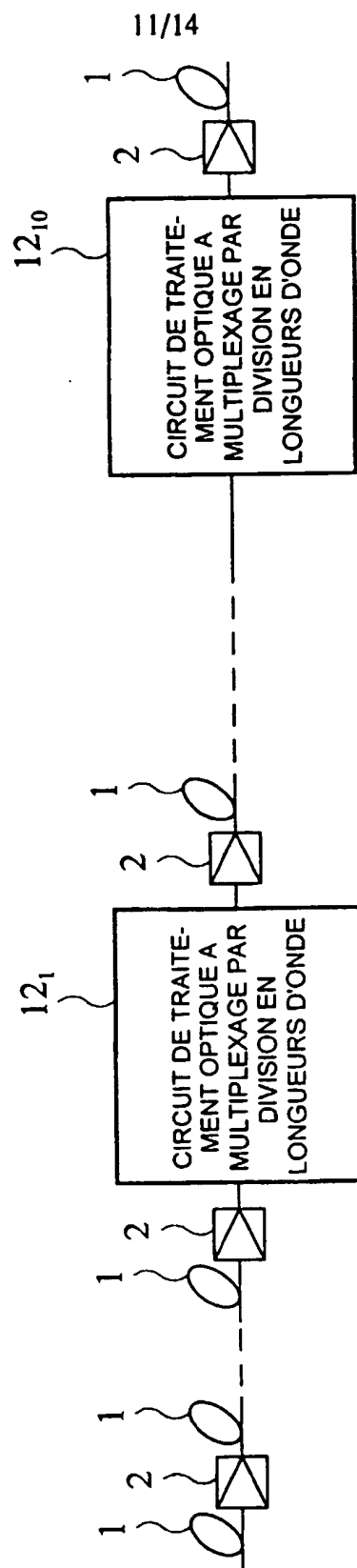


FIG.10



LONGUEUR D'ONDE DE SIGNAL OPTIQUE

FIG.11



12/14

FIG.12

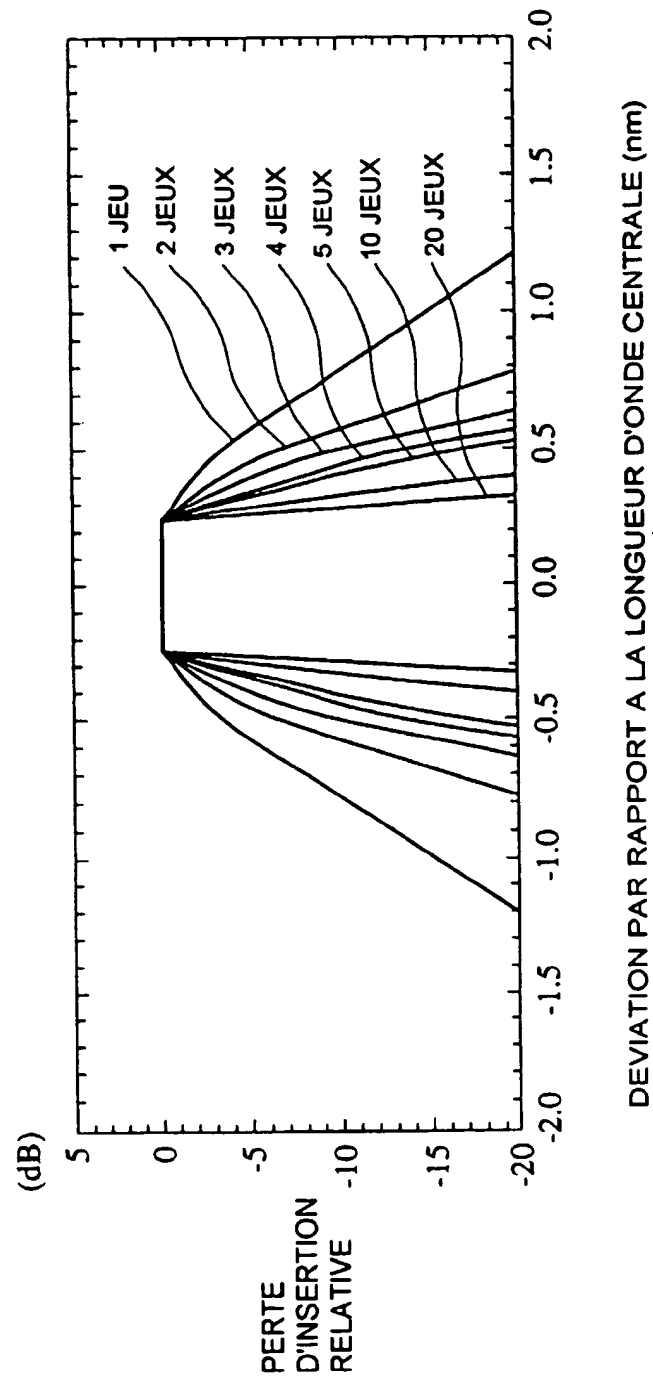


FIG.13

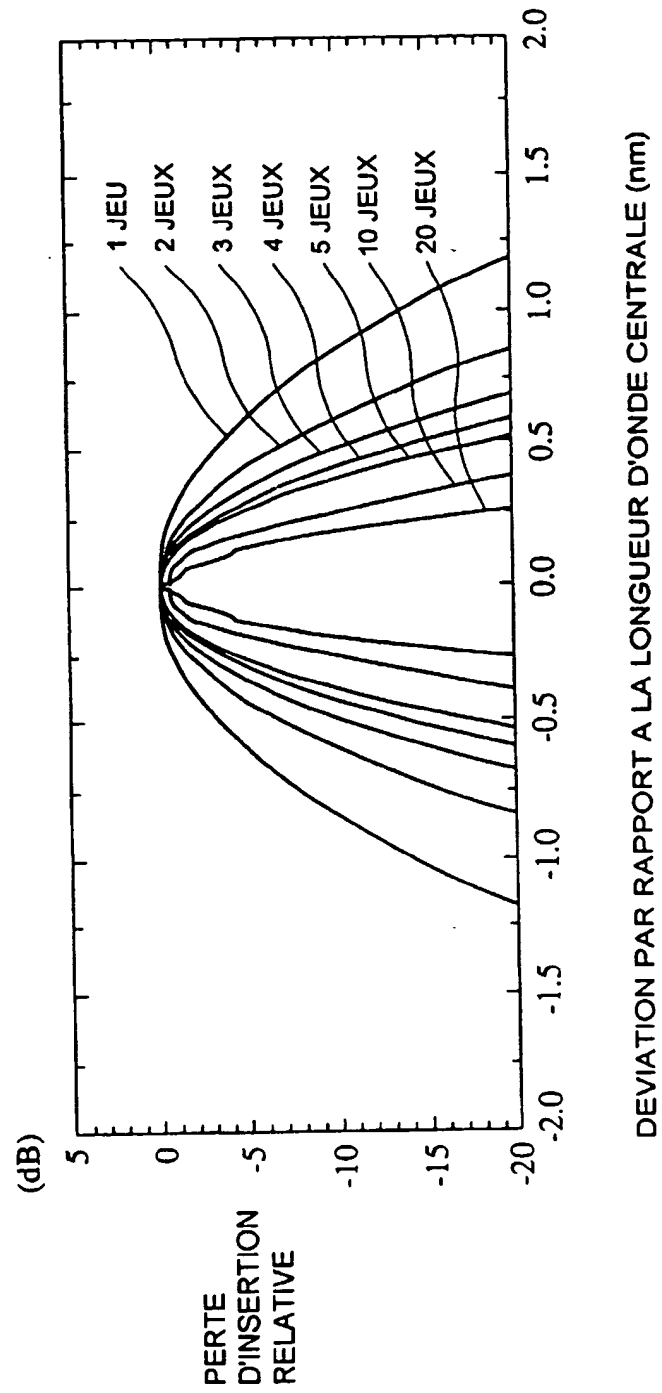


FIG.14

